



待发段航天员 地面应急救援系统

徐克俊 郑永煌 孙传飞 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

总装部队军事训练“十五”统编教材

科研试验系列

待发段航天员 地面应急救援系统

徐克俊 郑永煌 孙传飞 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

待发段航天员地面应急救生系统/徐克俊,郑永煌,
孙传飞编著. —北京:国防工业出版社,2006.12
总装部队军事训练“十五”统编教材. 科研试验系列
ISBN 7-118-04920-4

I. 待... II. ①徐...②郑...③孙... III. 载人航
天飞行-救生-教材 IV. V528

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 153958 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 印张 9 $\frac{1}{4}$ 字数 257 千字

2006 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

第三届总装备部军事训练教材 编辑工作委员会

主任委员 张建启

副主任委员 曹保榆 夏长法 侯贺华 郭文敏

委 员 (按姓氏笔画排序)

于俊民 王宜标 王泽民 尤广志

冯 章 朱双华 朱忠刚 刘树军

刘瑞成 安敏建 李方洲 李治三

肖力田 迟宝山 张忠华 张海东

陈永光 胡利民 侯 鹰 姜世忠

聂 皞 倪红星 徐 航 郭 勇

黄伟强 彭华良 裴承新 潘贤伦

秘 书 长 聂 皞

办公室主任 田 禾

办公室副主任 石根柱 郝 刚

办公室成员 李国华 李立法 郑晓娜

第三届总装备部军事训练教材 导弹航天测试发射系统编委会

主任委员 李晓箭

副主任委员 徐克俊

委 员 (按姓氏笔画排序)

王泽民 刘卫东 张海联

陈新华 尚友虎 穆 山

秘 书 石根柱

序

军事训练教材是部队开展军事训练和培养高素质科研试验与管理人才的重要基础。“十五”期间是我军加速武器装备现代化建设的关键时期,随着科学技术不断发展,新武器、新装备大量投入部队使用,急需编写相应的配套教材,来满足部队军事训练和人才培养的需求。为此,总装司令部印发了《总装部队军事训练教材建设“十五”计划》,并组织部分专家、学者编著了这套总装部队军事训练“十五”统编教材。

编著这套总装部队军事训练“十五”统编教材是国防科研试验事业继往开来的大事,也是体现国防科研试验技术水平的一个重要标志。它以新时期军事战略方针为统揽,以军委和总装首长关于加强军事训练工作的一系列重要指示为指导,以《军事训练与考核大纲》、《继续教育科目指南》为依据,坚持科学性、前瞻性和实用性相结合,不断满足军事训练和人才培养对教材的需求,为圆满完成武器装备科研试验和管理保障任务提供了有力的技术支持。

“十五”统编教材共计 69 部,内容涉及科研试验、陆军装备科研订购、通用装备保障和试验后勤等 4 个系列的 28 个系统。这套教材既总结升华了武器装备科研试验和管理保障经验,又反映了国内外最新动态和发展方向,是对国防科研试验工程技术系列教材建设的进一步延续和扩展,是一批高质量的精品教材。其使用对象主要是部队具有大专以上学历的科技人员和管理干部,也可供院校有关专业师生使用或参考。

期望这套教材能够有益于部队高素质人才的培养,有益于武器装备科研试验和管理保障任务的完成,有益于国防科技事业的进步。

总装备部军事训练教材

编辑工作委员会

二〇〇五年十二月

前 言

载人航天工程与卫星工程相比,其最大的区别是有航天员的参与,保障航天员在各个任务剖面内的安全是载人航天工程的首要任务。

载人航天发射的待发段,即射前航天员进舱至火箭起飞触点接通(包括点火后不能正常起飞实施紧急关机的情况)是一段较长的时间。此时段内,火箭、飞船均已加注推进剂,各种火工品、爆炸器均已连接到位,各系统发射准备工作相互交错,紧张繁忙,情况瞬息万变,技术状态准备一环扣一环。如果某一个环节或某一设备出现问题,就可能引起连锁反应,导致一系列危险情况发生,甚至带来灾难性后果。根据国内外的资料统计表明,载人航天发射的待发段,是事故的多发段和最危险的时段。1983年苏联航天员季托夫和斯特列卡洛夫乘“联盟”T-10飞船进行太空飞行,起飞前90s火箭燃料泄漏起火,把地面通往飞船的有线通信线路烧断,发射失败,但控制室靠启动备用的无线控制系统,使航天员成功逃逸幸免于难的事实给航天界留下深刻印象。航天大国成功载人飞行几十年来出现的问题,对于刚起步的我国载人航天工程来说,不能不引起高度重视。正是在这样的背景下,1995年载人航天工程开始初期,就开展了待发段航天员应急救生地面控制技术的研究。

本书是对多年研究待发段航天员应急救生地面控制技术所取得的研究成果和实践应用成果的归纳总结。本书共分10章,第1章介绍了各国载人航天工程发展现状、待发段主要特点和典型事故分析以及待发段地面应急救生系统的地位与作用;第2章阐述了总体方案设计思想包括信息获取、指挥控制、决策支持、紧急撤离、逃逸救生方案;第3章阐述了信息获取技术;第4章阐述了指挥控制技术;第5章阐

述了逃逸控制台功能、组成、硬件软件设计、靶场主要测试项目;第6章阐述了应急救援辅助决策系统功能、组成和辅助决策推理机制和方法;第7章阐述了火箭倾倒监测系统功能、组成和箭体姿态摄像、信息处理和显示的原理;第8章阐述了逃逸控制台、火箭倾倒监测系统和应急救援辅助决策系统的对外接口设计;第9章阐述了待发段地面应急救援系统安全性分析方法和分析结论;第10章总结了美国“水星”号和“阿波罗”飞船应急救援系统的特点以及苏联“联盟”号飞船逃逸救生系统的特点。

本书编著过程中得到了总装备部司令部军训局和酒泉卫星发射中心各级领导、专家的大力支持,在此表示衷心感谢!酒泉卫星发射中心技术部二室王海锋工程师承担了辛苦的排版、编辑工作,在此表示衷心感谢!

由于作者水平有限,书中存在的不妥之处,诚挚地期望读者给予批评指正。

编著者

2006年2月

内 容 简 介

本书介绍了中国载人航天工程发射场待发段航天员地面应急救援系统的基本技术、设计方案、状态原理、安全可靠性和分析方法等内容。

全书共十章。包括概论、总体方案设计、信息获取技术、指挥控制技术、待发段逃逸控制台、应急救援辅助决策系统、火箭倾倒监测系统、对外接口设计、安全性分析与评估、美俄航天员应急救援系统等。

本书内容丰富,理论与实践相结合,可供发射场从事地面应急救援工作的人员及相关工程人员使用,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 载人航天工程简介	1
1.1.1 载人航天工程基本概念	1
1.1.2 苏联/俄罗斯载人航天的发展	1
1.1.3 美国载人航天的发展	2
1.1.4 中国载人航天的发展	2
1.2 航天员安全性要求	2
1.2.1 航天员安全性基本概念	2
1.2.2 安全性定性要求	3
1.2.3 安全性定量要求	3
1.3 待发段典型事故分析	6
1.3.1 待发段基本概念	6
1.3.2 待发段主要特点分析	6
1.3.3 待发段典型事故举例	7
1.4 地面应急救生系统的任务与作用	9
1.4.1 地面应急救生特点	9
1.4.2 地面应急救生系统任务	9
1.4.3 地面应急救生系统组成	10
1.4.4 地面应急救生系统地位与作用	10
第 2 章 总体方案设计	11
2.1 设计指导思想	11
2.1.1 待发段影响航天员安全的主要因素	11
2.1.2 待发段应急救生实施特点	12
2.1.3 设计指导思想	13

2.2 信息获取方案	15
2.2.1 应急救援信息分类	15
2.2.2 应急救援信息来源	16
2.2.3 信息获取原则	17
2.2.4 信息获取方案	18
2.3 指挥控制方案	19
2.3.1 指挥保障方案	19
2.3.2 逃逸控制台方案	22
2.4 决策支持方案	23
2.4.1 应急救援辅助决策系统方案	24
2.4.2 火箭倾倒监测系统方案	24
2.5 紧急撤离方案	25
2.5.1 紧急撤离方式	26
2.5.2 紧急撤离条件	27
2.5.3 紧急撤离程序	28
2.5.4 紧急撤离时间	29
2.5.5 发射场紧急撤离保障设备与设施	30
2.6 逃逸救生方案	32
2.6.1 待发段启动逃逸飞行器的可能情况	32
2.6.2 待发段启动逃逸飞行器应具备的条件	33
2.6.3 逃逸救生地面组织实施过程	33
2.6.4 逃逸救生箭上实施过程	34
第3章 信息获取技术	36
3.1 火箭遥测参数采集与处理	36
3.1.1 采集过程	40
3.1.2 处理过程	40
3.1.3 遥测参数测量原理	43
3.2 箭体姿态外测信息处理	48
3.2.1 火箭倾倒监测系统对信息的采集与处理	48
3.2.2 应急救援辅助决策系统对信息的采集与处理	50

3.3 “允许逃逸”“逃逸请求”信号获取	51
3.3.1 “允许逃逸”信号的获取	52
3.3.2 “逃逸请求”信号的获取	53
第4章 指挥控制技术	55
4.1 待发段应急救生时段划分	55
4.1.1 应急救生时段划分	55
4.1.2 故障模式分析	56
4.1.3 不同时段应急救生方式的选择	59
4.2 应急救生组织指挥关系	60
4.2.1 人员定位、分工与职责	61
4.2.2 决策指挥关系	63
4.2.3 组织指挥关系	64
4.2.4 应急救生指挥设备	64
4.3 应急救生判断准则	66
4.3.1 待发段紧急撤离故障模式	66
4.3.2 待发段紧急撤离判断准则	67
4.3.3 待发段逃逸故障模式	69
4.3.4 待发段逃逸判断准则	70
4.4 应急救生组织实施	73
4.4.1 射前航天员进舱至工作平台收回	73
4.4.2 工作平台收回后至射前 5min	73
4.4.3 射前 5min 至点火	74
4.4.4 点火至起飞(含紧急关机后)	74
4.4.5 结束待发段逃逸执勤	75
第5章 待发段逃逸控制台	76
5.1 概述	76
5.1.1 逃逸控制台的任务	76
5.1.2 逃逸控制台的功能	76
5.1.3 主要技术指标	78
5.2 硬件设计	79

5.2.1	硬件设备组成	79
5.2.2	主要硬件设备间的连接关系	86
5.2.3	硬件系统的设计	86
5.3	软件设计	99
5.3.1	软件组成	99
5.3.2	应用软件运行环境	100
5.3.3	应用软件设计	100
5.3.4	应用软件主要工作过程	115
5.4	接口控制要求	116
5.5	靶场主要测试项目	116
5.5.1	单元测试	116
5.5.2	分系统测试	118
5.5.3	匹配检查(联调)	119
5.5.4	参加联合检查	122
5.5.5	参加待发段逃逸执勤	124
第 6 章	待发段应急救援辅助决策系统	126
6.1	概述	126
6.1.1	任务	126
6.1.2	功能	126
6.1.3	组成	127
6.1.4	主要信息输入	128
6.2	辅助决策规则库	130
6.2.1	应急救援故障模式	130
6.2.2	判断方法	130
6.3	软件辅助决策推理机制和方法	136
6.3.1	推理机制	136
6.3.2	推理方法	137
6.4	指挥显示画面	138
6.4.1	主画面	139
6.4.2	“断电模式”画面	139

6.4.3	“倾倒模式”画面	141
6.4.4	“着火模式”画面	141
6.4.5	“泄漏模式”画面	142
6.4.6	“撤离准则及程序”画面	144
6.4.7	“撤离条件”画面	145
6.4.8	“逃逸程序”画面	146
6.4.9	其它画面	147
6.5	软件设计	148
6.5.1	软件的运行环境	148
6.5.2	软件概要设计	151
6.5.3	与火箭遥测接口软件设计	159
6.5.4	与火箭倾倒监测系统接口软件设计	162
6.5.5	遥测逃逸判据曲线显示软件设计	164
第7章	火箭倾倒监测系统	168
7.1	概述	168
7.1.1	任务	168
7.1.2	功能	168
7.1.3	组成	170
7.1.4	主要性能指标	171
7.2	箭体姿态摄像分系统	172
7.2.1	功能与作用	172
7.2.2	硬件配置	172
7.3	箭体姿态信息显示处理分系统	174
7.3.1	作用	174
7.3.2	主要功能	174
7.3.3	硬件配置	176
7.3.4	应用软件设计	178
7.4	电视信号传输设备	191
7.5	箭体姿态图像处理分系统	192
7.5.1	作用	193

7.5.2	主要功能	193
7.5.3	系统界面	194
7.5.4	软硬件配置	195
7.5.5	箭体标志	195
7.5.6	图像处理方法	195
7.5.7	系统实时处理性能分析	202
7.5.8	跟踪定位算法的可靠性探讨	204
7.5.9	应用软件设计	205
第 8 章	系统接口设计	210
8.1	逃逸控制台接口设计	210
8.1.1	与火箭故障诊断微机接口设计	211
8.1.2	与飞船故障诊断微机接口设计	214
8.1.3	与地勤故障诊断微机接口设计	215
8.1.4	与上升段逃逸控制台接口设计	218
8.1.5	与火箭故检系统接口设计	220
8.1.6	与通信系统接口设计	220
8.2	火箭倾倒监测系统接口设计	223
8.3	应急救援辅助决策系统接口设计	228
8.3.1	与火箭总体网故障诊断微机接口设计	228
8.3.2	与火箭倾倒监测系统接口设计	233
8.3.3	与地勤故障诊断微机接口设计	233
第 9 章	系统安全性分析与评估	234
9.1	基本概念	234
9.1.1	待发段应急救援生系统安全性定义	234
9.1.2	安全性评价方法	234
9.1.3	安全性评价准则	236
9.2	安全性设计与验证	237
9.2.1	信息获取安全性设计与验证	237
9.2.2	决策支持系统安全性设计与验证	238
9.2.3	决策指挥系统安全性设计与验证	239

9.2.4 应急救生控制设备安全性设计与验证	240
9.2.5 紧急撤离保障设施设备安全性设计与验证	240
9.3 硬件接口安全性设计与验证	241
9.3.1 逃逸控制台硬件接口安全性设计与验证	241
9.3.2 倾倒监测系统硬件接口安全性设计与验证	243
9.3.3 应急救生辅助决策系统接口安全性设计与 验证	243
9.4 安全性总体分析	244
9.4.1 安全性要求	244
9.4.2 对事故预防措施有效性分析	245
9.4.3 待发段应急救生系统危险因素分析	245
9.5 主要故障统计分析	250
9.5.1 故障统计分析	250
9.5.2 主要故障分析	251
9.5.3 结论	254
9.6 系统安全性评价	254
9.6.1 安全性定性评价	254
9.6.2 安全性定量评价	255
9.6.3 系统安全性评价结论	257
第 10 章 美俄航天员应急救生系统	258
10.1 概述	258
10.2 美国航天员应急救生系统	259
10.2.1 “水星”号飞船应急救生系统	259
10.2.2 “阿波罗”飞船应急救生系统	261
10.3 俄罗斯“联盟”TM 飞船逃逸救生系统	265
10.3.1 概述	265
10.3.2 地面诊断决策系统	266
10.3.3 逃逸救生系统	267
10.4 美、俄航天员逃逸系统的区别	274
参考文献	275

第 1 章 概 论

1.1 载人航天工程简介

1.1.1 载人航天工程基本概念

载人航天工程是指有人(航天员)参与对空间进行探索,利用空间环境进行科学研究、资源开发与应用的综合性工程。它与无人航天工程(如各类卫星发射)的最大区别在于有人参与,人的判断及创造力在完成任务过程中起着主导作用。载人航天工程最根本的要求是确保航天员的安全,既保证航天员顺利进入太空,又要保证航天员由太空安全返回地面。而航天员应急救生系统,则是载人航天工程在紧急情况下保证航天员安全的重要系统。

1.1.2 苏联/俄罗斯载人航天的发展

1961年4月12日,苏联用“东方”号运载火箭,把乘载航天员尤里·加加林的“东方”号(单人)飞船送入地球轨道,开创了人类进入太空的新纪元,使加加林成为世界上第一个进入太空的航天英雄。随后,苏联研制了“上升”号(3人)飞船,并进行了人类首次舱外太空活动。1967年4月23日,苏联又用“联盟”号运载火箭,把“联盟”号(3人)飞船送入太空。1979年2月16日,“联盟”T号飞船进行了第1次飞行。1986年5月21日,“联盟”TM号飞船进行了第1次飞行。1971年—1976年,苏联发射了“礼炮”1~“礼炮”5号短期空间站,用于军事目的。1977年和1982年,苏联又分别发射了“礼炮”6和“礼炮”7号空间站,用于军事和科学研究。1986年2月,苏联发射了“和平”号长期空间站的核心舱,用于科学研究。